

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-237584

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl. G02B 27/02
G02F 1/1335
H04N 5/64

(21)Application number : 10-117522

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 27.04.1998

(72)Inventor : YAMANAKA ATSUSHI

(30)Priority

Priority number : 09349881

Priority date : 19.12.1997

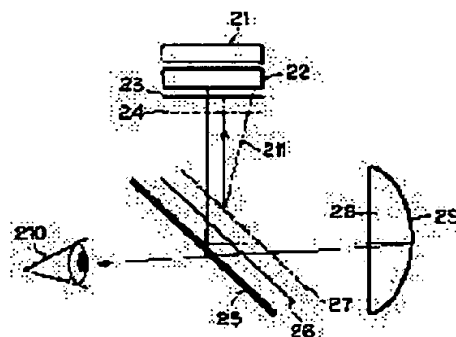
Priority country : JP

(54) PICTURE DISPLAY DEVICE, HEAD-MOUNT TYPE DISPLAY USING THE PICTURE DISPLAY DEVICE, AND VIDEO COMMUNICATION EQUIPMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a picture display device capable of reducing the thickness and weight of an optical device for enlarging and displaying an image and displaying pictures of high luminance and high quality, a head-mount type display (HMD) using the picture display device and a video communication equipment.

SOLUTION: Exist light constituting a linearly polarized light from a liquid crystal display 22 is converted into circularly polarized light by wide band wavelength plates 23, 24 and sent to wide band wavelength plates 27, 26 arranged near a thin film reflection type polarizing film 25. When the circularly polarized light is converted into linearly polarized light by the plates 27, 26 and the linearly polarized light is allowed to coincide with the polarized light reflection axis of the film 25, reflected light is converted into circularly polarized light again by the plates 26, 27 and sent to a reflection/refraction means 28, which execute conversion and reflection to form an enlarged virtual image. The direction of the circularly polarized light is inverted by reflection and light allowed to exit from the plates 26, 27 is converted into linearly polarized light having a polarization direction rectangular to that of incidence, passes through the film 25 and finally reaches the eyes. Consequently, a loss due to the optical system is not generated, the spectral transmissivity is uniformed with the respective wide band wavelength plates, unnecessary reflection is reduced, and the contrast of a picture is improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-237584 ✓

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) IntCl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 27/02

G 0 2 B 27/02

Z

G 0 2 F 1/1335

G 0 2 F 1/1335

H 0 4 N 5/64

5 1 1

H 0 4 N 5/64

5 1 1 A

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平10-117522

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月27日

(31) 優先権主張番号 特願平9-349881

(32) 優先日 平 9 (1997) 12月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山中 篤

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

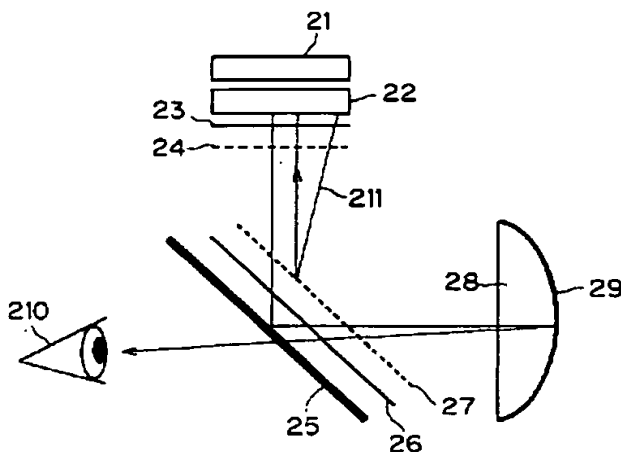
(74) 代理人 弁理士 高野 明近

(54) 【発明の名称】 画像表示装置、該画像表示装置を用いた頭部装着型ディスプレイ及び映像通信装置

(57) 【要約】

【課題】 映像を拡大し提示する光学装置の薄型軽量化を実現し、高輝度、高画質の映像を提示する画像表示装置、該画像表示装置を用いたHMD、映像通信装置を提供する。

【解決手段】 液晶ディスプレイ22からの直線偏光をなす射出光は広帯域波長板23、24により円偏光となつて、薄膜反射型偏光フィルム25近くの広帯域波長板27、26へ送られる。ここで、円偏光から直線偏光に変換され、薄膜反射型偏光フィルム25の偏光反射軸に一致させると、その光は反射後再び波長板26、27で円偏光にされ、反射屈折手段28へ送られ拡大虚像を作るとして変換、反射される。反射により円偏光の向きが反転し、波長板26、27から射出する光は、入射時と直交した偏光方向の直線偏光となり、薄膜反射型偏光フィルムを通過し最終的に目に達する。光学系による損失が無く、広帯域波長板で分光透過率が均一化され、不要反射を低減し映像のコントラストが向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像表示部に表示した映像を、反射要素を有する光学拡大手段を用いて拡大し、虚像として提示する画像表示装置であって、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、該薄膜反射型偏光フィルムと前記反射要素を有する光学拡大手段の間の往復光路中に設けた波長板とを備える画像表示装置において、前記反射要素を有する光学拡大手段が全反射コーティングした反射屈折手段をなし、前記波長板が $1/4$ 波長板と $1/2$ 波長板を特定の角度で貼り合わせ広帯域波長板をなすことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の画像表示装置において、前記画像表示部の表示面と前記反射屈折手段とが 90 度の角度をもって配置され、かつ前記薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示部の表示素子と前記反射屈折手段に対して 45 度の傾きを持って配置されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の画像表示装置において、前記画像表示部の表示素子と前記反射屈折手段とが 100 度以上の角度をもって配置され、かつ前記薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示素子と前記反射屈折手段に対して 40 度以下の傾きを持って配置されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 4】 請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 記載の画像表示装置において、前記広帯域波長板の等価遅相軸が前記薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度の角度をなして配置されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 記載の画像表示装置において、前記広帯域波長板の等価遅相軸が液晶ディスプレイ射出側の偏光透過軸と $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度の角度をなして配置されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 6】 請求項 1 又は 3 又は 4 又は 5 に記載の画像表示装置において、前記反射屈折手段が、前記画像表示部の画面中心と前記観察者の瞳中心とを結ぶ光路に対して傾斜する配置をとるようにしたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 7】 画像表示部に表示した映像を、反射要素を有する光学拡大手段を用いて拡大し、虚像として提示する画像表示装置であって、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと該薄膜反射型偏光フィルムと反射要素を有する光学拡大手段の間の往復光路中に設けた波長板とを備える画像表示装置において、前記反射要素を有する光学拡大手段が半透鏡コーティングした反射屈折手段をなし、前記画像表示部の表面と前記薄膜反射型偏光フィルムと前記反射屈折手段が平行に配置されていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 8】 請求項 7 記載の画像表示装置において、前記波長板が $1/4$ 波長板か、又は $1/4$ 波長板と $1/2$ 波長板を特定の角度で貼り合わせ広帯域波長板をなすことを特徴とする画像表示装置。

【請求項 9】 請求項 6 又は 7 記載の画像表示装置において、前記 $1/4$ 波長板の遅相軸又は前記広帯域波長板の等価遅相軸が前記薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度の角度をなして配置されていることを特徴とする画像表示装置。

10 【請求項 10】 請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 記載の画像表示装置において、前記反射屈折手段により拡大された画像の出力端に偏光板を備えていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 記載の画像表示装置において、前記画像表示部が液晶ディスプレイであることを特徴とする画像表示装置。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 記載の表示装置を内蔵したメガネ型ケースと、観察者の目に映像を提示できるように該メガネ型ケースを頭部へ装着する手段を備えていることを特徴とする頭部搭載型ディスプレイ。

【請求項 13】 請求項 1 ないし 12 のいずれか 1 記載の表示装置を内蔵した電話機を備え、音声による通信に加えて映像通信を可能にしたことを特徴とする映像通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、偏光光学系を用いた映像表示装置に関し、より詳細には、画像表示素子に表示した映像を、反射屈折手段によって拡大し、観察者に虚像を提示する画像表示装置で、小型軽量の拡大光学装置を反射屈折手段と偏光光学系により構成し、また、この映像表示装置を用いた頭部搭載型ディスプレイ(Head Mounted Display: 以下、「HMD」という)、及び該映像表示装置を用いた映像通信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯用のディスプレイとして、図 30 に示すような構成の HMD が注目されている。構成は、全体がメガネ型のケース 301 に納められて頭に装着して使用されるが、そのメガネのレンズに当たる部分に外側からバックライト 302、液晶パネル 303、レンズ 304 の順に構成要素が配置されており、その装置を装着した鑑賞者 305 は、液晶パネル 303 の拡大された大画面の映像を鑑賞することが可能となる。これまでは、仮想現実感の研究など産業用としての利用が多かったが、今後は家庭用、携帯用の AV 機器(TV, VTR, DVD など)やゲーム機器のディスプレイとして、一般に広く普及する可能性がある。すると、HMD の高画質化、小型軽量化、がより一層重要になってくる。

50 【0003】HMD の開発要素の中の小型化の観点につ

3

いては、快適な装着感を実現するため、観察者の顔面から前方への突出量を極力削減する必要があり、光学系の薄型軽量化が望まれていた。

【0004】従来のHMDにおける小型軽量の光学系として、例えば、図32に示すようなものが使用されている。これは、バックライト321、液晶パネル322を上面に設置し、液晶パネル322から出射した光線の向きを半透鏡323で外向きに歪えて、凹面鏡324で拡大、反射した後、再び半透鏡323を通過させて、観察者の目325に導くものである。

【0005】これによると、半透鏡323及び凹面鏡324で光路を折り畳んでいるので、直線状に光学素子を配置した場合に比べて、光学系の小型化を実現することが可能である。

【0006】また、HMDの開発要素の中で、液晶パネルは、高画質化、小型化が進んでいるが、光学系に関しては、必要な性能が達成されていない。こうした光学系の一つの従来例として、特開平6-59217号公報に記載された方法があり、開示された中の一つが図31に示される。図31に示される光学系の構成と作用を説明すると、液晶表示素子（ディスプレイ）312が上面に設置されており、液晶表示素子312から出た光線は偏光ビームスプリッタ313と凹面鏡315で反射、拡大された後、再び偏光ビームスプリッタ313を通過して目316に達する。このとき、液晶表示素子312から出る光線は偏光ビームスプリッタ313で反射する向きの偏光に設定されているので、光線は凹面鏡315に導かれる。そして、偏光ビームスプリッタ313と凹面鏡315の間に設けた1/4波長板314は、遅相軸の方向が直線偏光の方向に対して45度傾いており、凹面鏡315で反射され、1/4波長板314から出てくる光の偏光方向を、入射時に対して90度回転させるように設定されている。従って、凹面鏡315で拡大された光線は偏光ビームスプリッタ313を通過して観察者の目316に達する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した図32に示す従来のHMDの光学系の場合、液晶パネル322を発した光線は、観察者の目325に到達するまでの間に半透鏡323を2回通過するので、輝度が1回当たり1/2になるので、全体として1/4に減衰してしまう。さらに、半透鏡323に使用される多層膜コーティングは可視光の範囲において反射及び透過スペクトル特性を均一に製造することが困難であるため、色再現性の劣化が生じるという問題があった。

【0008】また、上述の図31で例示される従来技術の場合、次の様な問題点が生じる。

1. 凹面鏡の収差（像面湾曲、非点収差）特性
凹面鏡で拡大した虚像をつくる場合は、像面湾曲、または非点収差が大きくなる傾向があり、画面周辺部の解像

4

度が損なわれる。また、必要な倍率を確保するためには曲率半径を小さくする必要があり、凹面鏡の厚さが増加する。

2. 偏光ビームスプリッタは、多層膜コーティングによって製作されていたので、以下の4つの問題点がある。

（1）偏光ビームスプリッタの波長特性及び角度特性を均一に製作するのが困難で、画像が色づき、色再現性を損なう原因になる。

（2）偏光ビームスプリッタは、S波を反射し、P波を透過する特性を持っているので、偏光を設計する自由度が制約される。

（3）偏向ビームスプリッタは、プリズム内に製作されることが多く、重量が重いので、軽量のHMDには適さない。

（4）一般に、多層膜コーティングは高価で、民生用HMDには適さない。

3. 波長板レタデーションのスペクトル特性

一般に使用されている波長波のレタデーションスペクトル特性は、均一でない。したがって、上記従来例のように1/4波長板を単独で用いた場合、設計波長以外で光学系の透過率が低下する課題が生じる。

4. フィルターを入れる場合の不要反射増加、コスト増加

偏光ビームスプリッタと凹面鏡の間に1/4波長板を入れる場合、1/4波長板表面及びガラスなどの指示基板表面での不要反射が増加し、コントラスト低下などの問題を生じる。また、1/4波長板は、偏光ビームスプリッタや凹面鏡から独立に支持しなければならず、機構が複雑化しコストが増加する。

5. 視野角の制限

上記、従来例の方式では、視野角を拡大すると焦点距離を確保できなくなるので、実現できる視野角に限度がある。広視野角の映像もHMDの特長であることを考えると、広視野角でも薄型である光学系が必要である。

【0009】本発明は、上述したような従来技術における問題点に鑑みてなされたものであり、映像を拡大して観察者に提示する光学装置の薄型軽量化を実現するとともに、高輝度、高画質の映像を提示することができる画像表示装置、該画像表示装置を用いたHMD及び映像通信装置を提供することをその解決すべき課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、画像表示部に表示した映像を、反射要素を有する光学拡大手段を用いて拡大し、虚像として提示する画像表示装置であって、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、該薄膜反射型偏光フィルムと前記反射要素を有する光学拡大手段の間の往復光路中に設けた波長板とを備える画像表示装置において、前記反射要素を有する光学拡大手段が全反射コーティングした反射屈折手段をなし、前記波長板が1/4波

長板と1/2波長板を特定の角度で貼り合わせ広帯域波長板をなすことを特徴としたものである。

【0011】請求項2の発明は、請求項1記載の画像表示装置において、前記画像表示部の表示面と前記反射屈折手段とが90度の角度をもって配置され、かつ前記薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示部の表示素子と前記反射屈折手段に対して45度の傾きを持って配置されていることを特徴としたものである。

【0012】請求項3の発明は、請求項1記載の画像表示装置において、前記画像表示部の表示素子と前記反射屈折手段とが100度以上の角度をもって配置され、かつ前記薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示素子と前記反射屈折手段に対して40度以下の傾きを持って配置されていることを特徴としたものである。

【0013】請求項4の発明は、請求項1乃至3のいずれか1記載の画像表示装置において、前記広帯域波長板の等価遅相軸が前記薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されていることを特徴としたものである。

【0014】請求項5の発明は、請求項1乃至4のいずれか1記載の画像表示装置において、前記広帯域波長板の等価遅相軸が液晶ディスプレイ射出側の偏光透過軸と-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されていることを特徴としたものである。

【0015】請求項6の発明は、請求項1又は3ないし5のいずれか1記載の画像表示装置において、前記反射屈折手段が、前記画像表示部の画面中心と前記観察者の瞳中心とを結ぶ光路に対して傾斜する配置をとるようにしたことを特徴としたものである。これによって、反射屈折手段の中心軸を、画像表示素子の画面中心と観察者の瞳中心と結ぶ光路に対して傾斜させているので、装置の薄型化を実現することができるとともに、特定方向の直線偏光を透過し、これを直交方向の直線方向を反射する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板を設けているので、輝度の低下を生じることなく、画像を向上させることが可能となる。

【0016】請求項7の発明は、画像表示部に表示した映像を、反射要素を有する光学拡大手段を用いて拡大し、虚像として提示する画像表示装置であって、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと該薄膜反射型偏光フィルムと反射要素を有する光学拡大手段の間の往復光路中に設けた波長板とを備える画像表示装置において、前記反射要素を有する光学拡大手段が半透鏡コーティングした反射屈折手段をなし、前記画像表示部の表面と前記薄膜反射型偏光フィルムと前記反射屈折手段が平行に配置されていることを特徴としたものである。

【0017】請求項8の発明は、請求項7記載の画像表示装置において、前記波長板が1/4波長板か、又は1/4波長板と1/2波長板を特定の角度で貼り合わせ広

帯域波長板をなすことを特徴としたものである。

【0018】請求項9の発明は、請求項6又は7記載の画像表示装置において、前記1/4波長板の遅相軸又は前記広帯域波長板の等価遅相軸が前記薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されていることを特徴としたものである。

【0019】請求項10の発明は、請求項7ないし9のいずれか1記載の画像表示装置において、前記反射屈折手段により拡大された画像の出力端に偏光板を備えていることを特徴としたものである。

【0020】請求項11の発明は、請求項1ないし10のいずれか1記載の画像表示装置において、前記画像表示部が液晶ディスプレイであることを特徴としたものである。

【0021】請求項12の発明は、請求項1ないし11のいずれか1の発明における画像表示装置を内蔵したメガネ型ケースと、観察者の目に映像を提示できるように該メガネ型ケースを頭部へ装着する手段を備えていることを特徴とするHMDを提供するものである。

【0022】請求項13の発明は、請求項1ないし12のいずれか1の発明における画像表示装置を内蔵した電話機を備え、音声による通信に加えて映像通信を可能にしたことを特徴とする映像通信装置を提供するものである。

【0023】

【発明の実施の形態】（実施形態1）本発明に係わる画像表示装置の本実施形態は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。薄膜反射型偏光フィルムについては、従来の偏光ビームスプリッタに比べてこの薄膜反射型偏光フィルムをこの装置に用いるメリットは次の点にある。

（1）波長特性及び角度特性が均一なので、光学系の分光透過率が改善でき、ディスプレイの色再現性が向上する。

（2）偏光ビームスプリッタは、スプリッタを傾ける方向に依存して、S波を反射し、P波を透過する特性を持っているので偏光方向の設計が制限を受けるが、薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム自身に異方性を持っているのでフィルムを傾ける方向に係わらず、フィルムを配置する向きに応じて、設計した方向の偏光を反射し、これと直交する偏光を透過するようにできる。従って、偏光設計の自由度が大きい。

（3）薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム状であるので十分軽量であり、軽量のHMDに適している。

（4）薄膜反射型偏光フィルムは、量産ができ安価であるので、民生用HMDには適している。

【0024】また、屈折手段の片面を全反射コーティン

グした反射屈折手段は、単なる凹面鏡に比べて、薄型で同じ光学パワーを実現できるので、光学系の薄型化に貢献すると共に、像面湾曲を減少させるので低収差の拡大像を実現できる。さらに、全反射コーティングしていない側の屈折面を用いて収差補正を行えば、一層の収差低減が可能である。従って、以上2件の手段を用いれば、高画質のHMDを実現できる。さらに、広帯域波長板を用いることにより分光透過率の均一化が図られる。従って、これらの手段により高画質のHMDが実現できる。

【0025】(実施形態2)さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、画像表示素子と反射屈折手段とが略90度の角度をもって配置されており、なおかつ薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示素子と前記反射屈折手段に対して略45度の傾きを持って配置されている。この配置は、反射屈折手段を光軸に沿った方向から使用する、いわゆる共軸系であるので、製造が容易な軸対象レンズを用いて収差の少ない光学系を実現できる。

【0026】(実施形態3)さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態は画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、画像表示素子と反射屈折手段とが100度以上の角度をもって配置されており、なおかつ薄膜反射型偏光フィルムが画像表示素子と反射屈折手段に対して40度以下の傾きを持って配置されている。この配置により画像表示装置と反射屈折手段とが略90度角度に配置されている場合に比べて、光学系の厚みを低減でき、薄型のHMDを実現できる。但し、画像表示素子と反射屈折手段とが略90度の角度に配置されている場合に比べて、収差が増加する傾向にあるので、設計者は、設計方針上の収差と厚みの優先度によって角度を選択することができる。

【0027】(実施形態4)さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態は、図1にその例を示すように、液晶ディスプレイ12と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルム13と、波長板14、15と、屈折手段の片面を全反射コーティング17した反射屈折手段16を用いている。なお、液晶ディスプレイ12はバックライト11により照明される。そして、前記波長板は、1/4波長板15と1/2波長板14を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長板であり、かつ、前記波長板14、15が薄膜反射型偏光フィルム13と反射屈折手段16の間に配置されており、かつ広帯域波長板14、15の等価遅相軸が薄膜反射型偏光フィルム13の偏光透過軸と-55〜-35度または35〜55度の角度をなして配置されてい

る。

【0028】この光学系は、以下のように作用する。液晶ディスプレイ12からの射出光は、液晶ディスプレイ12に備えられている偏光板によって、特定の方向の直線偏光になっている。この光線は薄膜反射型偏光フィルム13によって反射され、広帯域波長板14、15へと導かれる。波長板14、15は、直線偏光を円偏光に変換するのが目的であり、この目的を達するように広帯域波長板14、15が配置されている。広帯域波長板14、15の等価遅相軸は、設計波長において、直線偏光の偏光方向と45度に設定した時に、円偏光に変換されるような波長板内の特定の軸として定義している。従って、設計波長において、広帯域波長板14、15は、偏光方向に対して遅相軸または等価遅相軸を+または-45度に設置すれば良い。ただし、ある波長帯域において望ましい特性を得ようとする場合には、偏光方向に対する遅相軸または等価遅相軸の角度を±45度から略±10度の範囲において角度を調整する必要がある。

【0029】ここで、広帯域波長板14、15を通過した光線は、反射屈折手段16で拡大した虚像を作ろうに変換されると共に、反射され、再び波長板に戻ってくる。すると、円偏光は再び直線偏光に変換されるが、光学分野でよく知られている通り、反射により円偏光の向きが反転するので、広帯域波長板14、15から射出する光線は、入射時と直交した偏光方向を持つ直線偏光となる。一方、薄膜反射型偏光フィルム13は、特定の方向の直線偏光を反射し、それと直行する方向の直線偏光を通過する特性をもっている。従って、広帯域波長板14、15からの射出光は、薄膜反射型偏光フィルム13を通過して、最終的に使用者の目18に達する。

【0030】このように、本表示装置は実施形態2又は実施形態3に示される表示装置から、波長板の種類と位置を限定することによって、原理的に光学系の損失を無くし、ハーフミラー等を使用する場合に比べて効率を向上させている。さらに、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。従って、これらの手段を用いれば高画質のHMDを実現できる。

【0031】(実施形態5)さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態を図2に示す。図2に示すように、液晶ディスプレイ22と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルム25と、波長板23、24、26、27と、屈折手段の片面を全反射コーティング29した反射屈折手段28を用いている。なお、液晶ディスプレイ22はバックライト21により照明される。そして、波長板は、1/4波長板24、27と1/2波長板23、26を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長板であり、かつ1対の前記波長板が液晶ディスプレイ22と薄膜反射型偏光フィルム25の間の、それぞれの表面近くに配置されており、か

つ広帯域波長板23、24及び広帯域波長板26、27の等価遅相軸が液晶ディスプレイ22射出側の偏光透過軸、または薄膜反射型偏光フィルム25の偏光透過軸と、 $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度の角度をなして配置されている。

【0032】この光学系は、以下のように作用する。液晶ディスプレイ22からの射出光は、液晶ディスプレイ22に備えられている偏光板によって、特定の方向の直線偏光になっている。波長板は、前述の発明に係わる表示装置の場合と同様、直線偏光を円偏光に変換するのが目的であり、この目的を達するように広帯域波長板23、24が配置されている。そこで、液晶ディスプレイ22近くに配置された広帯域波長板23、24により、光線は円偏光となって、薄膜反射型偏光フィルム25近くの波長板27、26へ送られる。この広帯域波長板27、26で、光線は、円偏光から直線偏光に変換され、薄膜反射型偏光フィルム25に達する。薄膜反射型偏光フィルム25の偏光反射軸と、薄膜反射型偏光フィルム25に到達した光線の偏光軸が一致するように設計されているとすると、光線は反射され再び、波長板26、27で円偏光に変換されて、反射屈折手段28へ送られる。

【0033】反射屈折手段28で、光線は拡大した虚像を作るように変換されると共に、反射され、再び薄膜反射型偏光フィルム25近くの広帯域波長板26、27に戻ってくる。すると、円偏光は再び直線偏光に変換されるが、光学分野でよく知られている通り、反射により円偏光の向きが反転するので、波長板から射出する光線は、入射時と直交した偏光方向を持つ直線偏光となる。一方、薄膜反射型偏光フィルム25は、特定の方向の直線偏光を反射し、それと直交する方向の直線偏光を通過する特性を持っている。従って、今度は、波長板26、27からの射出光が、薄膜反射型偏光フィルム25を通過して、最終的に使用者の目210に達する。このように、本表示装置は、実施形態4にて示される表示装置の場合と同様、波長板の種類と位置を限定することによって、原理的に光学系の損失を無くし、ハーフミラー等を使用する場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。その上、本表示装置は、以下の機構により液晶ディスプレイ22での不要反射を低減し映像のコントラストを向上させる効果を有している。

【0034】例として、図2に示すように、液晶ディスプレイ22を出発して液晶ディスプレイ22近くの波長板23、24を通過し、薄膜反射型偏光フィルム25近くの波長板表面や、ケース内面で反射して、再び液晶ディスプレイに戻ってくる光線211を考える。液晶ディスプレイ22近くの波長板23、24がない場合は、液晶ディスプレイに戻ってきた光線211が、液晶ディスプレイ22内部のブラックマトリックスで反射され、映

像を担う光線と同様に光学系によって使用者の目210に送られてしまう。その結果、映像のコントラストを低下させる不具合を生じる。一方、本発明のように、液晶ディスプレイ22近くの波長板23、24を設けた場合には、液晶ディスプレイ22射出側の偏光板とこの波長板23、24が円偏光板を形成するので、液晶ディスプレイ22から出発して、外部で反射して戻ってくる光線211は、液晶ディスプレイ22射出側の偏光板によって吸収される。したがって、ブラックマトリックスでの反射を生じず、コントラスト低下を防止できる。従って、これらの手段を用いれば高画質のHMDを実現できる。

【0035】（実施形態6）さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を半透鏡コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、すべての素子及び構成要素が平行に配置されている。この配置によって、光路が折り畳まれるので、実施形態1乃至5の表示素子に比べて、広視野角の表示装置を設計する場合でも、光学系の厚みを薄くできる。但し、この配置の場合、偏光素子が理想的な特性を持たないことによる不要光を発生する可能性があるので、設計者は、光学系の厚さと画質の優先度に応じて、構成を選択することができる。

【0036】（実施形態7）さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態を図3に示す。図3に示すように、液晶ディスプレイ32と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルム39と、波長板33、34、37、38と、屈折手段の片面を半透鏡コーティングした反射屈折手段36を用いている。なお、液晶ディスプレイ32はバックライト31により照明される。そして、波長板が $1/4$ 波長板か、または $1/4$ 波長板34、37と $1/2$ 波長板33、38を特定角度で貼り合わせた広帯域波長板33、34及び広帯域波長板37、38であり、かつ波長板33、34及び波長板37、38が液晶ディスプレイ32と反射屈折手段36の間と、反射屈折手段36と薄膜反射型偏光フィルム39の間に配置され、かつ、前記 $1/4$ 波長板の遅相軸または広帯域波長板33、34は広帯域波長板37、38の等価遅相軸が液晶ディスプレイ32射出側の偏光透過軸、または薄膜反射型偏光フィルム39の偏光透過軸と $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度の角度をなして配置されている。

【0037】この光学系は、実施形態5にて示される上記した表示装置の場合と類似した機構によって、以下のように作用する。液晶ディスプレイ32からの射出光は、液晶ディスプレイ32に備えられている偏光板によって、特定の方向の直線偏光になっている。波長板は、上記した各表示装置の場合と同様、直線偏光を円偏光に

変換するのが目的であり、この目的を達するように1/4波長板、または広帯域波長板が配置されている。そこで、液晶ディスプレイ32と反射屈折手段36の間に配置された広帯域波長板33、34により、光線は円偏光となって、反射屈折手段を通過し、薄膜反射型偏光フィルム39と反射屈折手段36の間に設けられた広帯域波長板37、38へ送られる。この広帯域波長板37、38で、光線は、円偏光から直線偏光に変換され、薄膜反射型偏光フィルム39に達する。

【0038】薄膜反射型偏光フィルム39の偏光反射軸と、薄膜反射型偏光フィルム39に到達した光線の偏光軸が一致するように設計されているとすると、光線は反射され再び、広帯域波長板37、38で円偏光に変換されて、反射屈折手段36へ送られる。反射屈折手段36で、光線は拡大した虚像を作るように変換されると共に、反射され、再び薄膜反射型偏光フィルム39と反射屈折手段36の間に設けられた広帯域波長板37、38に戻ってくる。すると、円偏光は再び直線偏光に変換されるが、光学分野でよく知られている通り、反射により円偏光の向きが反転するので、波長板から射出する光線は、入射時と直交した偏光方向を持つ直線偏光となる。一方、薄膜反射型偏光フィルム39は、特定の方向の直線偏光を反射し、それと直交する方向の直線偏光を通過する特性を持っている。従って、今度、波長板38からの射出光が、薄膜反射型偏光フィルム39を通過して、最終的に使用者の目310に達する。上記のように、本実施形態の表示装置は、実施形態6にて示された表示装置から、波長板の種類と位置を限定することによって、波長板を使用しない場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。

【0039】その上、本表示装置は以下の機構により液晶ディスプレイ32での不要反射を低減し、映像のコントラストを向上させる効果を有している。例として、図3に示すように液晶ディスプレイ32を出発して液晶ディスプレイ32と反射屈折手段36の間に設けられた波長板33、34を通過し、反射屈折手段のハーフミラーコーティング35や反射屈折手段36の屈折面等で反射して、再び液晶ディスプレイ32に戻ってくる光線311を考える。液晶ディスプレイ32近くの波長板33、34がない場合は、液晶ディスプレイ32に戻ってきた光線311が、液晶ディスプレイ32内部のブラックマトリックスで反射され、映像を担う光線と同様に光学系によって使用者の目310に送られてしまう。その結果、映像のコントラストを低下させる不具合を生じる。

【0040】一方、本発明のように、液晶ディスプレイ32近くの波長板33、34を設けた場合には、液晶ディスプレイ射出側の偏光板とこの波長板が円偏光板を形成するので、液晶ディスプレイ32から出発して、外部で反射して戻ってくる光線311は、液晶ディスプレイ

32射出側の偏向板によって吸収される。したがって、ブラックマトリックスでの反射を生じず、コントラスト低下を防止できる。従って、これらの手段を用いれば、高画質のHMDを実現できる。

【0041】（実施形態8）さらに、本発明に係わる画像表示装置の本実施形態を図4に示す。図4に示すように、液晶ディスプレイ42と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルム43と、波長板44、45、48、49と、屈折手段の片面を半透鏡コーティング47した反射屈折手段46を用いている。なお、液晶ディスプレイ42はバックライト41により照明される。そして波長板が1/4波長板か、または1/4波長板45、48と1/2波長板44、49を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長板44、45及び広帯域波長板48、49であり、かつ波長板が薄膜反射型偏光フィルム43と反射屈折手段46の間に配置され、前記1/4波長板の遅相軸または広帯域波長板44、45の等価遅相軸が薄膜反射型偏光フィルム43の偏光透過軸と-55〜-35度または35〜55度の角度をなして配置されると共に、反射屈折手段と使用者の間に広帯域波長板48、49と偏光板410からなる円偏光板を備えている。

【0042】この光学系は以下のように作用する。液晶ディスプレイ42からの射出光は、液晶ディスプレイ42に備えられている偏光板によって、特定の方向の直線偏光になっている。液晶ディスプレイ42と反射屈折手段46の間に設けられた薄膜反射型偏光フィルム43は、偏光透過軸を液晶ディスプレイ42射出側の偏光板透過軸と一致させているものとする。ここで光線は、薄膜反射型偏光フィルム43を通過し、続いて、波長板44、45を通過する。波長板は、実施形態4の表示装置の場合と同様、直線偏光を円偏光に変換するのが目的であり、この目的を達するように1/4波長板、または広帯域波長板44、45が配置されている。光線はこの広帯域波長板44、45により円偏光となって、反射屈折手段46に達する。反射屈折手段46で、拡大した虚像を作るように変換されると共に、反射され、再び薄膜反射型偏光フィルム43と反射屈折手段46の間に設けられ広帯域波長板44、45に戻ってくる。

【0043】すると、円偏光は再び直線偏光に変換されるが、光学分野でよく知られている通り、反射により円偏光の向きが反転するので、波長板から射出する光線は、入射時と直交した偏光方向を持つ直線偏光となる。一方、薄膜反射型偏光フィルム43は、特定の方向の直線偏光を透過し、それと直交する方向の直線偏光を反射する特性をもっている。従って、今度は、波長板44からの射出光が、薄膜反射型偏光フィルム43に反射されて、波長板の三度目の通過を行い、最終的に反射屈折手段46と円偏光板を構成する波長板48、49と偏光板410を通過して、使用者の目411に達する。

【0044】上記のように、本表示装置は、実施形態6の表示装置から、波長板の種類と位置を限定することによって、波長板を使用しない場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供することを可能とする。その上、本表示装置は、以下の機構により外光反射を低減し映像のコントラストを向上させる効果を有している。図4に示すように、外光412が進入し、反射屈折手段46のハーフミラーコーティングによって反射した場合、反射屈折手段46と使用者の間の円偏光板がなければ、外光が映像に重なって見えコントラストを低下させる不具合が生じる。しかし、本発明の場合、円偏光板を構成する波長板48、49と偏光板410が備えてあるの

で、反射光を吸収しコントラストを向上させる効果を生じる。従って、これらの手段を用いれば高画質のHMDを実現できる。

【0045】（実施形態9）さらに、本発明による頭部搭載型ディスプレイの実施形態を示すことができ、それは、メガネ型のケースと、前記実施形態1ないし8の各表示装置からなり、頭部に装着した場合、使用者の目、好適には左右それぞれの目に映像を提示できるようになっている。従って、上記の光学系を用いた表示装置の作用に関する説明から明らかなように、高画質かつ小型軽量の頭部搭載型ディスプレイを実現できる。

（実施形態10）さらに、本発明による映像通信装置の実施形態を示すことができ、それは、電話機と、前記実施形態1ないし8の各発明による表示装置からなり、音声による通信を行いながら、映像を見ることができるようになっている。従って、上記の光学系を用いた表示装置作用に関する説明から明らかなように、高画質かつ小型軽量の映像通信装置を実現できる。

【0046】ここで、図5によって以下の実施形態の説明に用いる座標系を定義する。図5（A）のように、使用者の目と反射屈折手段の中心を結ぶ、光軸方向をZ軸、これに垂直で、水平方向をX軸、鉛直方向をY軸とする。また、傾いた平面Sを表すために、図5（B）のように、XY平面をX軸を中心に45度傾けた座標系を定義する。平面S内で、X軸と共通の軸をP軸、平面S内でP軸と直交する軸をQ軸、P、Q軸に直交する軸、つまり平面Sの法線をR軸とする。また、回転方向は、XZ平面内の場合は、図5（C）のように、Y軸に沿って見てZ軸を基準に反時計周りの角度で表わし、XY平面内の場合は図5（D）のように、Z軸に沿って見てY軸を基準に反時計周りの角度で表わし、PQ平面内の場合は図7（E）のように、R軸に沿って見てQ軸を基準に反時計周りの角度で表わすものとする。

【0047】（実施形態11）本発明の実施形態11を図6に示す。実施形態11の表示装置は、バックライト61と液晶ライトバルブ62と、薄膜反射型偏光フィルム65と、ガラス板64と、偏光板63と、反射防止フ

ィルム66と、1/2波長板67と、1/4波長板68と、平凸レンズの凸面を全反射コーティング610したミラーコーティングレンズ69を用いている。そして、各光学素子は図6に示すように配置されている、つまり、バックライト61と、液晶ライトバルブ62は、XZ平面に沿って上部に備えられ、薄膜反射型偏光フィルム65と、ガラス板64と、偏光板63は、PQ平面に沿って使用者611の眼前に備えられ、反射防止フィルム66と、1/2波長板67と、1/4波長板68と、平凸レンズの凸面を全反射コーティング610したミラーコーティングレンズ69は、XY平面に平行に使用者から遠い側に備えられている。

【0048】さらに、偏光特性に関しては、以下のように仮定する。液晶ライトバルブ62の射出側に内蔵されている偏光板の偏光透過方向はZ軸方向、薄膜反射型偏光フィルム65の偏光反射方向はQ軸方向、偏光板63の偏光透過方向はP軸方向、1/2波長板の遅相軸は+15度方向、1/4波長板の遅相軸は+70度方向、バックライト61とガラス64と反射防止フィルム66と反射屈折手段69とは偏光特性に関して異方性がないものとする。但し、この配置は、一例に過ぎず、以下に説明する機能を実現する偏光特性の組み合わせ方法は他にも多く存在する。従って、製作の都合によって他の組み合わせを使用することができる。なお、図6では、説明の便宜上、光学素子を分離して描いているが、実際には光学素子同士を貼り合わせることによって、不要反射を減らし、小型化することができる。

【0049】つぎに、液晶ライトバルブ62の映像がどのように変換されて、使用者の目611に到達するかを説明する。バックライト61を発した光線は、液晶ライトバルブ62で変調され映像情報を担った射出光となる。この光線は、上記の仮定により、液晶ライトバルブ62に備えられている偏光板によって、Z方向の直線偏光になっている。従って、この光線は上記の仮定により、薄膜反射型偏光フィルム65に達するとZ軸方向に反射される。次に光線は、反射防止フィルム66を通過し、1/2波長板67を通過する。1/2波長板67は偏光方向に対して遅相軸を15度傾けてあるので、直線偏光の方向は略30度に変換される。続いて光線は1/4波長板68によって、直線偏光から略円偏光へと変換される。なお、正確な光線の状態が定まらない理由は後で詳しく説明するように、波長板67、68のレタレーションが波長によって変化するためである。ここで、仮定した波長板の設定角度は、ポリカーボネイト製の波長板を用いた場合、可視光（400nmから700nm）の範囲において、光学系の透過率が均一になるように設計されたものである。つまり、このように1/2波長板と1/4波長板を組み合わせる用いることにより、広い帯域において直線偏光と円偏光の間の変換を正確に行うことができる。

【0050】次に、1/4波長板68を通過した光線は、平凸レンズの凸面を全反射コーティング610したミラーコーティングレンズ69に達する。光線は凸面の内面反射により拡大した虚像を形成するように変換され、反射される。そして、再び1/4波長板68と1/2波長板67と反射防止フィルム66を通過して直線偏光に変換される。但し、光学法則として良く知られているように、反射によって円偏光の回転方向は反転されるので、反射防止フィルムからの射出光は、入射時と直交したX軸方向となる。従って、光線は薄膜反射型偏光フィルム65とガラス64と偏光板63を通過して、使用者の目に到達し、使用者611は、液晶ライトバルブ62上の映像を拡大された虚像として、眼前に鑑賞することができるようになる。

【0051】以下に、構成要素の各部分ごとに実施方法及びその機能を詳しく説明する。

1. 薄膜反射型偏光フィルム-DBEF (分光透過率の比較)

本実施形態では、特定方向の直線偏光を反射し、それに直交する方向の直線偏光を透過させるために、薄膜反射型偏光フィルム(商品名DBEF, スリーエム社製)を用いている。この目的のために従来用いた直角プリズムの斜面に多層膜コーティングを施し、2個のプリズムを貼り合わせた、偏光ビームスプリッタより下記に示すようにその特性において薄膜反射型偏光フィルムの方が優れている。

【0052】(1) 波長特性及び角度特性が均一なので、光学系の分光透過率が改善でき、ディスプレイの色再現性が向上する。

(2) 偏光ビームスプリッタは、スプリッタを傾ける方向に依存して、S波を反射し、P波を透過する特性を持っているので偏光方向の設計が制限を受けるが、薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム自身に異方性を持っているのでフィルムを傾ける方向に係わらず、フィルムを配置する向きに応じて、設計した方向の偏光を反射し、これと直交する偏光を透過するようにできる。従って、偏光設計の自由度が大きい。

(3) 偏光ビームスプリッタは、2個の直角プリズムの内面に多層膜コーティングし、貼り合わせて作られることが多く、重くなる欠点があった。一方、薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム状であるので十分、軽量であり、軽量のHMDに適している。

(4) 薄膜反射型偏光フィルムは、量産ができ安価であるので、民生用HMDには適している。

【0053】特に、波長特性の違いについて以下に説明する。図7に偏光ビームスプリッタと薄膜反射型偏光フィルムのスペクトル特性を示す。図7(A)のグラフは、光線に対して偏光ビームスプリッタの反射面を45度に傾けた場合のS偏光とP偏光での透過率特性を表わしており、図7(B)は、光線に対して45度傾けた場

合の透過軸方向の偏光と、これに直交する反射軸方向の偏光の透過率特性を表わしている。図7(A)、図7(B)から明らかなように偏光ビームスプリッタでは、500~610nmの範囲でしか機能しないが、薄膜反射型偏光フィルムでは、400~700nmの可視光全域で均一な特性を実現できる。従って、光学系の分光透過率が改善でき、ディスプレイの色再現性が向上する。

【0054】2. 広帯域波長板のスペクトル特性

上記、ミラーと同様に波長板に関しても、可視光全域に渡って、一定の特性を実現する必要がある。波長板として、従来からポリカーボネイトを一方方向に延伸したシートが良く使用されている。この1/4波長板の波長に対するレタデーション特性を測定すると図8のグラフ81のようになり、波長に対して均一にならない。従って、このような単独の1/4波長板を本実施形態の光学系に用いた場合の光学系全体での透過スペクトル特性を計算すると図9のようになり、設計波長(550nm)から離れた青色及び赤色の領域で、透過率が減少し、色バランスが劣化してしまう。本発明の光学系においては、1/4波長板は直線偏光と円偏光の相互変換のために使用しているので、可視光の範囲においてこの変換性能が一定であるような広帯域波長板が必要となる。このような、光学素子には特願平9-2718号に記載された、本発明者と同一発明者による技術がある。以下にこの素子の説明を行う。

【0055】この広帯域波長板は+15度方向の遅相軸を持った1/2波長板と、+70度方向の遅相軸を持った1/4波長板を貼り合わせて構成されている。この広帯域波長板を本実施形態の光学系に用いた場合の光学系全体での透過スペクトル特性を計算すると図10のグラフ101のようになり、上記、単独の1/4波長板の場合(図9の91)に比べて、可視光の範囲において均一な特性が得られる。この広帯域波長板のメカニズムを以下にポアンカレ球を用いて説明するポアンカレ球とは、球上の点によって光線の偏光状態を表わす方式である。図11にポアンカレ球の概観図を示す。この球を地球に見立てると北極112と南極113の点は、各々左回り円偏光と右回り円偏光を示し、赤道上の点は直線偏光を示していて、赤道上的経度は直線偏光の角度の2倍に対応している。

【0056】従って、-Z軸方向を経度0度と定義すれば、この方向の赤道上の点111は、垂直方向の直線偏光を表わし、X軸方向の点114は45度の直線偏光を表わしている。以下、同様に、Z軸方向の点116は水平方向の、-X軸方向の点115は-45度方向の直線方向の直線偏光を表わしている。また、赤道と極の間117は、楕円偏光を示している。このようにして如何なる偏光状態もポアンカレ球上の1点として表現される。また、波長板の機能は角度で計ったレタデーションの大

きさだけポアンカレ球を回転させる作用として表現される。このとき、回転軸はポアンカレ球中心と波長板光軸方向の 2 倍の程度に対応した赤道上的対応点を結ぶ直線として定義される。

【0057】以上のポアンカレ球を用いると広帯域波長板は、図 12 を用いて、以下のように説明される。広帯域波長板は、遅相軸が 15 度の 1/2 波長板と遅相軸が 70 度の 1/4 波長板からなっているので、ポアンカレ球上では、1/2 波長板の遅相軸は直線 F で、1/4 波長板の遅相軸は直線 G で表わされる。そして、各々の作用は 1/2 波長板は 180 度の回転、1/4 波長板は 90 度の回転である。鉛直方向の直線偏光を入射すると入射点は点 A に対応している。まず、基準波長の場合は 1/2 波長板によって点 H に移され、さらに 1/4 波長板によって点 C (北極) に移されるので、単独の 1/4 波長板と同様に完全な左向き円偏光に変換できることが分かる。

【0058】次に基準波長より短波長の場合は、1/2 波長板のレタデーションが過剰になるので、点 J に移されるが、この点 H とのずれが次の 1/4 波長板のレタデーションの過剰分と打ち消し合い、最終的に点 C の近くに移される。同様に基準波長より長波長の場合は、1/2 波長板のレタデーションが不足するので点 K に移されるが、この点 H とのずれが次の 1/4 波長板のレタデーションの不足分を補って最終的にはやはり点 C の近くに移される。このようにして、どの波長においてもほぼ完全な左向き円偏光が得られる。従って、本光学系に広帯域波長板を使った場合には、上記実施例の説明に従ったメカニズムで機能するので、光学系の透過スペクトルは図 10 におけるグラフ 101 のように可視光の範囲においてほぼ、均一になる。なお、広帯域波長板を構成する 1/2 波長板と 1/4 波長板の遅相軸角度配置は、本実施形態の値に限定されるものではなく、必要な透過スペクトル特性に応じてある程度変更することができる。

【0059】3. Z 値波長板の角度特性

以上、波長に対する光学特性について述べたが、本発明の光学系においては、図 13 に光路図を示すように、波長板 131 に対して光線が通過する角度に関しても広がりがある。主な傾向は中心部で略垂直に通過し、周辺部では、比較的浅い角度で通過する。従って、通過角度に対してレタデーション特性が均一である必要がある。そうでなければ、上記スペクトル特性の場合と同様の議論によって、波長板に対して略垂直に入射する画像中心付近と、光線が斜めに入射する周辺部で輝度差が生じてしまう。

【0060】この対策のため、本実施形態では、厚み方向に複屈折特性を持つ波長板 (商品名: NRZ, 日東電工社製) を用いている。この波長板を光学系に用いる技術に関しても本願と同一発明者による特願平 9-2718 号に記載されているが、ここで、その内容を説明して

おく。従来の単純な波長板は、図 14 のように波長板平面内で、遅相軸とこれに直行する軸を X, Y とし、平面の法線軸を Z とする時、 $n_x > n_y = n_z$ の式をみたす屈折率特性を持っていた。しかし、このような波長板に X-Z 平面内において波長板に対して斜めに入射する光線 141 に関するレタデーションを計算すると、垂線から計った入射角 142 に対するレタデーションは、図 15 のグラフ 151 のように特性になり、60 度でレタデーションが半減してしまっている。このような波長板を本発明の光学系に用いると、光線が光学系を斜めに通過する視野の端において、光学系の透過率が低下して、輝度むら及び色むらの原因になる。

【0061】この解決策として、本実施形態では 1/4 波長板の厚さ方向の屈折率 n_z を波長板内の屈折率 n_x と n_y との間の値にしている。この一例として、

$n_x > n_z > n_y$ を満たすように

$n_x = 1.5922$

$n_y = 1.5900$

$n_z = 1.5908$

として、再度レタデーションを計算すると、図 15 のグラフ 152 が得られる。従来の波長板と比較して、レタデーション変化が大幅に抑えられている。従って、この波長板を採用した方が、輝度むら、色むらを抑えることができ、高画質の表示装置を実現できる。

【0062】4. 反射屈折手段—収差の比較

本実施形態では、反射屈折手段として平凸レンズの凸面にアルミコーティングを行った素子を用いている。レンズ材料としては、複屈折特性からは、ガラスが最適であるが、さらに軽量化が必要な場合には、低複屈折プラスチックレンズ材料 (商品名オプトレッツ、日立化成社製) を用いることができる。本実施形態のように平凸レンズを裏面鏡として使った場合の、凹面鏡と比較してのメリットは以下の点である。

【0063】第 1 は、裏面鏡とした平凸レンズの方が、同じ光学パワーを実現する場合、曲率半径が大きくて済み、つまり光学系を薄くできる。さらに、像面湾曲も小さくなるので、光学系の収差低減が可能である。以下に、設計例を示す。図 16 (A) は、凹面鏡であり、図 16 (B) は、平凸レンズの凸面に反射ミラーコートを行ったミラーコーティングレンズであり、焦点距離はどちらも 24 mm になるように設計されている。この時、像面湾曲、非点収差の判断基準となるベッツパール半径を計算すると、凹面鏡の場合 24 mm、コーティングレンズの場合 55 mm となる。ベッツパール半径は、周知のように半径が小さいほど像面湾曲が大きく、また他の方法で像面湾曲を低減したとしても非点収差が大きくなる。実際の画像としては、画像の中心に焦点を合わせた場合、周辺がボケる不具合が生じる。従って、上記の計算結果は、単なる凹面鏡を使用するより、コーティングレンズの方が収差が少ないことを示している。

【0064】第2のメリットは、本実施形態では使用していないが、レンズの屈折面を用いて収差補正のレンズ設計が可能である。その設計例を図17に示す。これは、図16(B)の平凸レンズに替えて、両凸レンズを用いた例である。焦点距離は図16の場合と同じで、24mmであるが、ベッツパール半径は、平凸レンズの場合よりさらに改善し、66mmになっている。さらに、屈折面を非球面にすれば、収差補正の効果を高めることも可能である。

【0065】5. 補正レンズ、視野角改善フィルム
さらに、収差および歪曲を補正するために図18に示すように液晶ライトバルブの直後に補正レンズ183を備えることもできる。図18に示した設計例においては、ベッツパール半径が166mmとなっており、平凸レンズ単独の場合に比べて2倍以上の改善効果が見られる。しかし、このような補正レンズ183を用いると光線の液晶ライトバルブに対する角度が周辺部で浅くなる状況が生じる。周知のように、液晶ライトバルブは、浅い角度から見るとコントラストが低下する特性を持っている。したがって、対策を行わないと映像周辺部のコントラストが低下する不具合を生じる。そこで、本実施例では、液晶ライトバルブに貼る通常の偏光板の代わりに、視野角改善フィルム（富士フィルム社製）を貼り、映像の均一性を確保している。

【0066】6. バックライトの実施方法

バックライトは、従来から使用されている冷陰極管を用いることもできる。しかし、近年、電子機器から漏洩する電磁場の人体への影響が問題になるつつあり、冷陰極管は、インバータからの電磁場発生が大きい。本発明が想定しているHMD、電話への応対においては、いずれも人体に接近して使用されることから、漏洩電磁場を極力抑制することが求められる。この目的のために、本実施形態では、白色LED（日亜化学社製）を用いている。LEDは、低電圧（3V程度）の直流駆動のため、漏洩電磁場はほとんど発生しない。

【0067】7. 不要反射対策、外光反射対策、パネル反射対策

光学系内部での不要反射は、映像のコントラスト低下の原因となるので、本実施形態では、以下の反射防止対策を行っている。

(1) 不要反射、または外光が液晶ライトバルブに当たる場合の形態は、液晶ライトバルブのブラックマトリクスでの反射によるものであるから、これを防止するため、ブラックマトリクスにクロムメッキ処理を行う。

(2) ポリカーボネイト製の波長板にはARコーティングができないので、アクリルシートにARコーティングして製作された反射防止シートを波長板の上に貼り、広帯域波長板を構成する1/2波長板と1/4波長板と平凸レンズも貼り合わせる。但し、反射屈折手段の屈折面を曲面にする場合は、波長板は別の支持基板上に固定

し、反射屈折手段の屈折面をARコーティングすれば良い。

(3) 薄膜反射型偏光フィルムとガラス板と偏光板を貼り合わせる。この偏光板は、外光の反射防止のために貼られている。偏光板の吸収軸は、内側にある薄膜反射型偏光フィルムの反対軸と一致しており、外光が薄膜反射型偏光フィルムで反射して使用者の方向に反射されるのを防止している。また、偏光板表面での不要反射を防止するため表面は反射防止コーティングされている。

10 以上の構成により、小型軽量かつ高画質の画像表示装置を実現できる。

【0068】（実施形態12）本発明の実施形態12を図19に示す。本実施形態の表示装置は、バックライト191と液晶ライトバルブ192と薄膜反射型偏光フィルム198と、ガラス板197と、偏光板196と、反射防止フィルム195、1911と、1/2波長板193、199と、1/4波長板194、1910と、平凸レンズの凸面を全反射コーティング1913したミラーコーティングレンズ1912を用いている。そして、各光学素子は、図19に示すように配置されている。つまり、バックライト191と、液晶ライトバルブ192と、1/2波長板193と、1/4波長板194と反射防止フィルム195とは、XZ平面に沿って上部に備えられ、反射防止フィルム1911と、1/4波長板1910と、1/2波長板199と、薄膜反射型偏光フィルム198と、ガラス板197と、偏光板196は、PQ平面に沿って使用者の眼前に備えられ、平凸レンズの凸面を全反射コーティング1913したミラーコーティングレンズ1912は、XY平面に平行に使用者から遠い側

30 側に備えられている。
【0069】さらに、偏光特性に関しては、以下のように仮定する。液晶ライトバルブ192の射出側に内蔵されている偏光板の偏光透過方向はZ軸方向、液晶ライトバルブ近くに備えられた1/2波長板193の遅相軸は+15度方向、1/4波長板の遅相軸194は+70度方向、また、薄膜反射型偏光フィルム198近くに備えられた1/4波長板1910の遅相軸は-20度方向、1/2波長板199の遅相軸は、-75度方向、薄膜反射型偏光フィルム198の偏光反射軸はQ軸方向、偏光板196の偏光透過軸はP軸方向、バックライト191とガラス197と反射防止フィルム195、1911と反射屈折手段1912とは偏光特性に関して異方性がないものとする。但し、この配置は一例に過ぎず、以下説明する機能を実現する偏光特性の組み合わせ方法は他にも多く存在する。従って、製作の都合によって他の組み合わせを使用することができる。なお、図19では、説明の便宜上、光学素子を分離して描いているが、実際には光学素子同士を貼り合わせることによって、不要反射を減らし、小型化することができる。

50 【0070】次に、液晶ライトバルブの映像がどのよう

に変換されて、使用者の目に到達するかを説明する。バックライト 191 を発した光線は、液晶ライトバルブ 192 で変調され映像情報を担った射出光となる。この光線は、上記の仮定により、液晶ライトバルブ 192 に備えられている偏光板によって、Z 軸方向の直線偏光になっている。次に、通過する 1/2 波長板 193 と 1/4 波長板 194 は上記実施形態 11 で述べたように広帯域に渡って直線偏光と円偏光を変換する広帯域波長板となっている。従って、光線は円偏光となって薄膜反射型偏光フィルム 198 の方向へ進行する。薄膜反射型偏光フィルム 198 は近くにも、1/4 波長板 1910 と 1/2 波長板 199 が備えられているが、これは、液晶ライトバルブ 192 近くに備えられていた波長板と同じように広帯域に渡って、円偏光と直線偏光を変換する機能を有している。但し、貼りあわせた角度が上記の場合と直行しているので、光線が通過すると、液晶ライトバルブから出射された時点の偏光状態、つまり、Z 軸方向の直線偏光に戻される。

【0071】従って、この光線は上記の仮定により、薄膜反射型偏光フィルム 198 に達すると Z 軸方向に反射される。次に光線は、再び 1/2 波長板 199、1/4 波長板 1910 を通過して円偏光に変換され、平凸レンズの凸面を全反射コーティング 1913 したミラーコーティングレンズ 1912 に達する。光線は凸面の内面反射により拡大した虚像を形成するように変換され、反射される。光学法則として良く知られているように、反射によって円偏光の回転方向は反転されるので、3 度目に反射防止フィルム 1911、1/4 波長板 1910、1/2 波長板 199 を通過すると今度は、前回薄膜反射型偏光フィルム 198 で反射された時点とは直交する X 軸方向の直線偏光に変換される。従って、光線は薄膜反射型偏光フィルム 198 と偏光板 196 を通過して、使用者の目 1914 に到達し、使用者は、液晶ライトバルブ 192 の映像を拡大された虚像として、眼前に鑑賞することができるようになる。

【0072】以下に、構成要素の各部分ごとに実施方法及び機能を詳しく説明する。

1. 液晶ライトバルブでの反射防止効果

液晶ライトバルブ 192 のブラックマトリクスに特別の処理をしなくても不要反射で戻ってくる光線を吸収し、コントラスト低下を防止する効果がある。

2. レンズ屈折面の収差低減対策

上記実施形態 11 と同様に、反射屈折手段の屈折面を曲面にしてレンズ設計に利用することができる。このとき、実施形態 11 の場合は平凸レンズの平面に波長板を貼り合わせていたが、レンズの屈折面を曲面にした場合は、曲面に波長板を貼ることができないので、波長板を支持する新たな基板を用意する必要があった。しかし、本実施形態では、レンズに貼る波長板がないため、新たな部品の追加は必要ない。従って、本実施形態は、屈折

面も曲面にする方式に達している。

3. 不要反射防止対策

上記実施形態 11 と同様に、各光学素子同士の貼り合わせと、反射屈折手段の屈折面の AR コーティングによって、表面の不要反射を低減している。また、薄膜反射型偏光フィルムの使用者側の外光反射を防止するために偏光板を備えている。

【0073】（実施形態 13）本発明の実施形態 13 を図 20 に示す。実施形態 13 の表示装置は、バックライト 201 と、ガラス板 2012 と、偏光板 2013 と、反射防止フィルム 205、208 と、1/2 波長板 203、2010 と、1/4 波長板 204、209 と平凸レンズの凸面をハーフミラーコーティング 207 したハーフミラーコーティングレンズ 206 を用いている。

【0074】そして、すべての光学素子は、図 20 に示すように Z 軸上に平行に配置されている。その順序は、使用者に遠い側から、バックライト 201、液晶ライトバルブ 202、1/2 波長板 203、1/4 波長板 204、反射防止フィルム 205、ハーフミラーコーティングレンズ 206、反射防止フィルム 208、1/4 波長板 209、1/2 波長板 2010、薄膜反射型偏光フィルム 2011、ガラス板 2012、偏光板 2013 である。なお、図 20 では、各光学素子を、説明の便宜上、分離して示しているが、実際には、反射屈折手段の表面を除いて、すべて貼り合わせるることにより、薄型に製作することができる。

【0075】また、本実施形態では、偏光特性に関して、以下のように仮定する。液晶ライトバルブ 202 の射出側に内蔵されている偏光板の偏光透過方向は Y 軸方向、液晶ライトバルブ 202 近くに備えられた 1/2 波長板 203 の遅相軸は +15 度方向、1/4 波長板 204 の遅相軸は +70 度方向、また、薄膜反射型偏光フィルム 2011 近くに備えられた 1/4 波長板 209 の遅相軸は -20 度方向、1/2 波長板 2010 の遅相軸は、-75 度方向、薄膜反射型偏光フィルム 2011 の偏光反射軸は Y 軸方向、偏光板 2013 の偏光透過軸は X 軸方向、バックライト 201 とガラス 2012 のと反射防止フィルム 205、208 とハーフミラーコーティングレンズ 206 とは偏光特性に関して異方性がないものとする。但し、この配置は、一例に過ぎず、以下、説明する機能を実現する偏光特性の組み合わせ方法は他にも多く存在する。従って、製作の都合によって他の組み合わせを使用することができる。

【0076】次に、液晶ライトバルブ 202 の映像がどのように変換されて、使用者の目 2014 に到達するかを説明する。バックライト 201 を発した光線は、液晶ライトバルブ 202 で変調され映像情報を担った射出光となる。この光線は、上記の仮定により、液晶ライトバルブ 202 に備えられている偏光板によって、Y 方向の直線偏光になっている。次に、通過する 1/2 波長板 2

03と1/4波長板204は上記実施形態11で述べたように広帯域に渡って直線偏光と円偏光を変換する広帯域波長板となっている。従って、光線は円偏光となってハーフミラーコーティングレンズ206を通過し薄膜反射型偏光フィルム2011の方向へ進行する。薄膜反射型偏光フィルム2011近くにも、1/4波長板209と1/2波長板2010が備えられているが、これは、液晶ライトバルブ202近くに備えられていた波長板と同じように広帯域に渡って、円偏光と直線偏光を変換する機能を有している。但し、貼り合わせ角度が上記の場合と直交しているため、光線が通過すると、液晶ライトバルブ202から射出された時点の偏光状態、つまり、Y軸方向の直線偏光に戻される。

【0077】従って、この光線は上記の仮定により、薄膜反射型偏光フィルム2011に達するとZ軸方向に反射される。次に、光線は再び1/2波長板209、1/4波長板2010を通過して円偏光に変換され、ハーフミラーコーティングレンズ206に達する。光線は凸面の内面反射により拡大した虚像を形成するように変換され、反射される。光学法則として良く知られているように、反射によって円偏光の回転方向は反転されるので、3度目に反射防止フィルム208、1/4波長板2010、1/2波長板209を通過すると今度は、前回薄膜反射型偏光フィルム2011で反射された時点とは直交するX軸方向の直線偏光に変換される。従って、光線は偏光板2013を通過して、使用者の目2014に到達し、使用者は、液晶ライトバルブ202上の映像を拡大された虚像として、眼前に鑑賞することができるようになる。

【0078】実施形態13が実施形態12と異なっている点は、反射屈折手段に用いているレンズがハーフミラーコーティングになっている点と、各光学素子が平行に配置されている点である。その特徴を以下に述べる。実施形態11、12のように反射屈折手段に対してミラーを傾斜して配置する方式をミラー方式、本実施形態のように反射屈折手段に平行に配置する方式を平行ミラー方式と呼ぶことになる。平行ミラー方式の特長は、広視野角の映像を薄い光学系で実現できる点である。傾斜ミラー方式の場合は、視野角を大きくしようとして反射屈折手段を大きくしていくと、中間の傾斜ミラーも大きいものが必要になり、結局、厚みが反射屈折手段の大きさとほぼ比例して増大してしまう。そして、設計可能な視野角は最大90度である。一方、平行ミラー方式の場合は、視野角を拡大するため反射屈折手段を大きくしても、厚みはほとんど変わらない。そして、以下に設計例を示すように、120度の視野角も設計可能である。

【0079】図21に、平行ミラー方式の設計例を示す。使用しているレンズの仕様は以下の通りである。

素材 : ガラスまたは低複屈折性プラスチック
形状 : 平凸形状

直径 : 60mm
焦点距離 : 120mm
凸面曲率半径 : 60mm
中心厚 : 10mm

そして、このレンズの凸面をハーフミラーコーティングして製作した、平行ミラー方式光学系の仕様は以下の通りである。

合成焦点距離 : 23mm
視野角 : 120度
光学系厚さ : 17mm

10 以上の設計例のように、広視野角のHMDを薄型に実現できるので、この平行ミラー方式は、バーチャルリアリティ用ディスプレイや、後述の映像通信機器のように特に薄型の表示装置が必要とされている用途に適している。

【0080】(実施形態14) 本実施形態は、上記実施形態13(図20、参照)の順序を一部、入れ替えることにより図22に示すような構成としたものである。変更した点は薄膜反射型フィルム223の位置を液晶ライトバルブ222の次に移動した点とハーフミラーコーティングレンズ227の向きを反転した点である。この光学系の仕組みは基本的に実施形態13と同じであるが、実施形態13で実現できない短い焦点の場合にも適用できる利点がある。以下に本実施形態の仕様を記す。

使用しているレンズ

素材 : ガラスまたは低複屈折性プラスチック
形状 : 平凸形状
直径 : 30mm
焦点距離 : 50mm
凸面曲率半径 : 25mm
中心厚 : 5mm

30 【0081】そして、このレンズの凸面をハーフミラーコーティングして製作した、平行ミラー方式の光学系の仕様は以下の通りである。

合成焦点距離 : 8mm
視野角 : 30度
光学系厚さ : 6mm

本実施形態の配置によれば、以上の数値例のように、短焦点で、かつ薄型の光学系が実現できるので、後述するような携帯型の映像通信機器において、超小型パネルの映像を拡大して提示する用途に適している。

40 【0082】(実施形態15) 上記実施形態11、12及び13の表示装置の主要な応用の一つはHMD(頭部搭載型ディスプレイ)である。その実施形態を図23に示す。この例では、バックライト232と液晶ライトバルブ233と、薄膜反射型偏光フィルムとガラス板と偏光板83からなる要素234と、反射防止フィルムと1/2波長板と1/4波長板からなる要素235と、平凸レンズの凸面を全反射コーティングしたミラーコーティングレンズ236を用いている。実施形態11の表示装

置が縦置きに左右 2 組備えられており、それらが、メガネ型のケース 2 3 1 に納められている。使用者はこの装置をメガネのように装着することによって、光学系で拡大された映像を鑑賞することができる。そして、上記各実施形態で説明したように、これらの表示装置は小型軽量でかつ高画質であるから、HMD 自身も小型軽量、高画質であり、快適な装着性と高画質の映像を提供することができる。

【0083】また、表示装置の配置方式は横置きも可能である。図 2 4 に示すように液晶ライトバルブといった表示素子 2 4 2 を同外側に配置し、光線を薄膜反射型偏光フィルム 2 4 3 及び反射屈折手段 2 4 4 により内側の目へと導入する。表示装置自体の機能は、上記実施形態で説明したものと変わらないが、横向きに配置することにより、HMD の顔側を顔に沿って凹形状に製作できる。すると、より HMD を顔に接近させて装着することが可能になり、装着性を高めることができる。

【0084】次に、上記実施形態 1 3 の表示装置を HMD に用いた実施形態を図 2 5 に示す。この例では、バックライト 2 5 2 と液晶ライトバルブ 2 5 3 と、薄膜反射型偏光フィルムとガラス板と偏光板と反射防止フィルムと 1/2 波長板と 1/4 波長板からなる要素 2 5 6 と、反射防止フィルムと 1/2 波長板と 1/4 波長板からなる要素 2 5 4 と、平凸レンズの凸面をハーフミラーコーティングしたハーフミラーコーティングレンズ 2 5 5 を用いている。実施形態 1 3 の表示装置が左右 2 組備えられており、それらが、メガネ型のケースに納められている。使用者はこの装置をメガネのように装着することによって、光学系で拡大された、超広角の映像を見ることができ、あたかも、映像の世界に入り込んだような体験をすることができる。そして、上記各実施形態で説明したように、これらの表示装置は薄型であるから、HMD 自身も顔面からの突出量を少なくでき、快適な装着性と高い臨場感を提供することができる。従って、このタイプの HMD は、仮想体験を提供するような VR (Virtual Reality) システムのディスプレイに好適である。

【0085】(実施形態 1 6) 上記実施形態 1 4 の表示装置は、倍率の高い光学系を薄型に実現する方法を提供するので、0.5 インチ程度の超小型ディスプレイを用いれば、薄型でかつ低消費電力の表示装置が実現可能になる。従って、携帯型の TV 電話の用途に好適である。図 2 6 に本実施形態である携帯型映像通信装置を示す。これは、スピーカー 2 6 1、マイク 2 6 2、ダイヤル装置 2 6 3、無線装置 2 6 4 などの携帯電話の構成要素に加えて、この例では、上記実施形態 1 4 の表示装置 2 6 5 を備えている。従って、テレビ電話の相手の顔を見たり、ファックスで送られてきた文書を確認しながら、電話をすることができる。

【0086】(実施形態 1 7) また、上記実施形態 1 4 の表示装置は、倍率が固定であるが、以下のような変更

を加えることにより、高倍率と低倍率の 2 段階可変とすることもでき、そうした実施形態を説明する。実施形態 1 4 では、図 2 2 に示したように、使用者側に波長板 2 2 1 0、2 2 1 1 と偏光板 2 2 1 3 が備えられていた。この偏光板を 90 度回転できるように、図 2 7 に示すような回転機構 2 7 5 を設ける。すると、実施形態 1 4 で仮定している配置に偏光板を置く場合は、これまでと同じハーフミラーレンズ 2 7 3 で折り返した光線 2 7 8 が選択され高倍率の光学系となり、偏光板 2 7 6 を 90 度回すとハーフミラーレンズ 2 7 3 で 1 回屈折しただけの光線 2 7 9 が選択され低倍率の光学系となる。実際、実施形態 1 4 の光学系で計算すると、高倍率の場合、焦点距離 8 mm、倍率 3.1 倍に対して低倍率の場合、焦点距離 4.8 mm、倍率 5.2 倍となる。

【0087】このような表示装置を携帯映像通信機器に備えると、表示装置に目を近付けて詳細な映像を見たい場合は高倍率で使用し、目を離して全体の概略を見たい場合は低い倍率で使用し、目を離して全体の概略を見たい場合は低倍率で使用することができ、表示装置の機能を拡大することができる。また、本発明の表示装置は、いわゆる携帯電話への応用だけではなく、いわゆるポケベル、携帯情報ツールなどのあらゆる携帯機器へ組み込むことが可能で、その際、表示装置が小型または薄型、軽量、高画質であることから、携帯機器の携帯性を損なうことなく、高画質の画像表示機能を提供することができる。

【0088】(実施形態 1 8) 以下、本発明による画像表示装置及びそれを用いた HMD の一実施形態について、図 2 8 及び図 2 9 とともに説明する。ここで、図 2 8 は、本実施形態の画像表示装置における光学系を示し、図 2 9 は、本実施形態の画像表示装置を用いた HMD を示す説明図である。

【0089】本実施形態の光学系は、図 2 8 に示すように、液晶パネル 2 8 2 から発した光線に対して、偏心光学系であるために発生する収差、歪曲を補正するための副レンズ 2 8 3 と、特定方向の直線偏光を透過し、これに直交する方向の直線偏光を反射する偏光選択鏡 2 8 4 と、1/4 波長板 2 8 5 と、一方の面がミラーコーティングされたコーティングレンズからなる主レンズ (反射屈折手段) 2 8 6 とを備えている。

【0090】上記構成において、偏光選択鏡 2 8 4、1/4 波長板 2 8 5、主レンズ 2 8 6 は液晶パネル 2 8 2 の画面中心と観察者の目 2 8 7 の中心とを結ぶ光路 (以下、主光線と称す) に対し、傾斜して配置されている。ここで、偏光選択鏡 2 8 4 は薄膜反射型偏光フィルムで、樹脂フィルム上に異方性薄膜の多膜層を形成したものが用いられ、例えばスリーエム社製の商品名「DBEF」を用いることによって実現することができる。

【0091】また、上記構成の光学系を HMD に採用した場合、図 2 9 に示すように、メガネ型ケース 2 9 1 の

眼鏡のレンズに相当する部分にそれぞれバックライト 2 9 2 と液晶パネル 2 9 3 と偏光選択鏡 2 9 4 と 1/4 波長板 2 9 5 と主レンズ 2 9 6 からなる画像表示装置を配置し、左右の目に拡大映像を提示するように構成すれば良い。

【0092】次に、本実施形態の作用について詳しく説明する。ここでは、偏光の方向について、紙面に含まれ、つまり紙面に平行な方向に偏光している光線を P 波、これと直交し、つまり紙面に垂直な方向に偏光している光線を S 波と定義する。また、液晶パネル 2 8 2 は S 波を出力し、偏光選択鏡 2 8 4 は S 波を反射し、P 波を透過するものであり、1/4 波長板 2 9 5 はその延伸軸が S 波に対して 45 度回転して配置されているものとする。

【0093】液晶パネル 2 8 2 を出射した光線は、副レンズ 2 8 3 を通過して収差、歪曲の補正を受けた後、偏光選択鏡 2 8 4 に達する。副レンズ 2 8 3 を通過するときには偏光の変換を受けないので、光線は S 波のままであり、偏光選択鏡 2 8 4 で反射される。反射された光線は 1/4 波長板 2 8 5 に達する。1/4 波長板 2 8 5 の延伸軸は 45 度傾いているため、直線偏光から円偏光に変換されて、主レンズ 2 8 6 で反射拡大され、再び 1/4 波長板 2 8 5 に達する。

【0094】ここで、周知のとおり、円偏光は反射によって回転方向が反転するので、再び 1/4 波長板 2 8 5 を通過して出力される光線は、入射時の偏光方向と直交した P 波に変換されている。その結果、偏光選択鏡 2 8 4 を透過して観察者の目 2 8 7 に到達する。これによって、観察者は液晶パネル 2 8 2 の映像を拡大した像を鑑賞することが可能となっている。

【0095】以上のように、本実施形態の画像表示装置においては、原理的に輝度の低下は生じないので、上述した従来例のものに比べて、輝度を 4 倍に向上させることが可能である。しかも、可視光の範囲において特性が均一な偏光選択鏡 2 8 4 を用いているので、色再現性を損なうことなく、画質を向上させることができる。

【0096】また、反射屈折手段（主レンズ）光学素子を主光線に対して傾斜させているため、光学装置の厚みを低減することができ、特に HMD に用いた場合は、前方への突出量を小さくすることが可能となるので、HMD の装着感を向上させることができる。例えば、水平視野角を 30 度とした場合、図 3 2 とともに上述した従来例のものに比べて、本実施形態の光学装置は、その厚さを半減することが可能である。

【0097】なお、上記一実施形態においては、説明の便宜上、液晶パネル 2 8 2 の出射を S 波とした場合について説明したが、これに限らず、液晶パネル 2 8 2 から P 波、或いは他の中間的な方向の偏光が出力される場合でも、その偏光方向に応じて偏光選択鏡 2 8 4 及び 1/4 波長板 2 8 5 の回転量を調整すれば良く、本発明がこ

の実施形態に限定されるものではない。

【0098】

【発明の効果】請求項 1 の発明に係わる画像表示装置は、画像表示装置と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いた点を特徴としている。薄膜反射型偏光フィルムは、従来の偏光ビームスプリッタに比べて以下の点で優れている。

10 (1) 波長特性及び角度特性が均一なので、光学系の分光透過率が改善でき、ディスプレイの色再現性が向上する。

(2) 偏光ビームスプリッタは、スプリッタを傾ける方向に依存して、S 波を反射し、P 波を透過する特性を持っているので偏光方向の設計が制限を受けるが、薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム自身に異方性を持っているのでフィルムを傾ける方向に係わらず、フィルムを配置する向きに応じて、設計した方向の偏光を反射し、これと直交する偏光を透過するようにできる。従って、偏光設計の自由度が大きい。

20 (3) 偏光ビームスプリッタは、2 個の直角プリズムの内面に多層膜コーティングし、貼り合わせて作られることが多く、重くなる欠点があった。一方、薄膜反射型偏光フィルムは、フィルム状であるので十分、軽量であり、軽量の HMD に適している。

(4) 薄膜反射型偏光フィルムは、量産ができ安価であるので、民生用 HMD に適している。

【0099】そして、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段は、単なる凹面鏡に比べて、像面湾曲が少なく、全反射コーティングしていない側の屈折面を用いて収差補正を実行できるので、光学系の収差低減が可能である。さらに、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。従って、以上の手段を用いることにより、高画質の画像表示装置を実現できる。

【0100】請求項 2 の発明に係わる画像表示装置は、画像表示装置と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、画像表示素子と反射屈折手段とが略 90 度の角度をもって配置されており、なおかつ薄膜反射型偏光フィルムが前記画像表示素子と前記反射屈折手段に対して略 45 度の傾きを持って配置されている。この配置は反射屈折手段を光軸に沿った方向から使用する、いわゆる共軸系であるので、製造が容易な軸対象レンズを用いて収差の少ない光学系を実現できる。

【0101】請求項 3 の発明に係わる画像表示装置は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型フィルムと、広帯域波長板

と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、画像表示素子と反射屈折手段とが100度以上の角度をもって配置されており、なおかつ薄膜反射型偏光フィルムが画像表示素子と反射屈折手段に対して40度以下の傾きを持って配置されている。この配置により、画像表示素子と反射屈折手段とが略90度の角度に配置されている場合に比べて、光学系の厚みを低減でき、薄型の画像表示装置を実現できる。但し、画像表示素子と反射屈折手段とが略90度の角度に配置されている場合に比べて、収差が増加する傾向にあるので、設計者は、設計方針上の収差と厚みの優先度によって角度を選択することができる。

【0102】請求項4の発明に係わる画像表示装置は画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、前記広帯域波長板が薄膜反射型偏光フィルムと反射屈折手段の間に配置されており、かつ広帯域波長板の等価遅相軸が薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されている。請求項4に係わる画像表示装置は請求項2ないし請求項4の発明に係わる表示装置において、波長板の種類と位置を限定することによって、原理的に光学系の損失を無くし、ハーフミラー等を使用する場合に比べて効率を向上させている。従って、これらの手段を用いれば高画質の画像表示装置を実現できる。

【0103】請求項5の発明に係わる画像表示装置は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、広帯域波長板と、屈折手段の片面を全反射コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、波長板が、1/4波長板と1/2波長板を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長板であり、かつ1対の前記波長板がディスプレイと薄膜反射型偏光フィルムの間の、それぞれの表面近くに配置されており、かつ前記1/4波長板の遅相軸が液晶ディスプレイ射出側の偏光透過軸-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されている。請求項5に係わる画像表示装置は、請求項2ないし請求項4の発明に係わる表示装置において、波長板の種類と位置を限定することによって、原理的に光学系の損失を無くし、ハーフミラー等を使用する場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化し、その上、画像表示素子近くの波長板を設けているので、液晶ディスプレイ射出側の偏光板とこの波長板が円偏光板を形成するので、液晶ディスプレイから出発して、外部で反射して戻ってくる光線は、液晶ディスプレイ射出側の偏光板によって吸収され、ブラックマトリックスでの反射を生じず、コントラスト低下を防止できる。従って、これらの手段を用いれば高画質の画像

表示装置を実現できる。

【0104】請求項6に係るHMDは、上述した反射屈折手段の中心軸を、画像表示素子の画面中心と観察者の瞳中心と結ぶ光路に対して傾斜させているので、装置の薄型化を実現することができるとともに、画像表示装置としても特定方向の直線偏光を透過し、これに直交する方向では反射する偏光選択鏡と、波長板を設けているので、輝度、画質を向上させることが可能となる。

【0105】請求項7の発明に係わる画像表示装置は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を半透鏡コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、すべての素子が略平行に配置されている。この配置によって、光路が折りたたまれるので、請求項1乃至6に比べて、広視野角の表示装置を設計する場合でも、光学系の厚みを薄くできる。但し、この配置の場合、偏光素子が理想的な特性を持たないことによる不要光を発生する可能性があるので、設計者は、光学系の厚さと画質の優先度に応じて、構成を選択することができる。

【0106】請求項8、9の発明に係わる画像表示装置は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を半透鏡コーティングした反射屈折手段を用いている。そして、波長板が1/4波長板か、または1/4波長板と1/2波長板を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長板であり、かつ波長板が画像表示素子と反射屈折手段の間と、反射屈折手段と薄膜反射型偏光フィルムの間に配置され、かつ前記1/4波長板の遅相軸、または広帯域波長板の等価遅相軸が液晶ディスプレイ射出側の偏光透過軸、または薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と-55~-35度または35~55度の角度をなして配置されている。また、請求項8、9に係わる画像表示装置は、請求項7の発明に係わる表示装置から、波長板の種類と位置を限定することによって、波長板を使用しない場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。その上、請求項8、9に係わる画像表示装置は、画像表示素子近くの波長板を設けているので、液晶ディスプレイ射出側の偏光板とこの波長板が円偏光板を形成する。従って、液晶ディスプレイから出発して、外部で反射して戻ってくる光線は、液晶ディスプレイ射出側の偏光板によって吸収され、ブラックマトリックスでの反射を生じず、コントラスト低下を防止できる。従って、これらの手段を用いれば高画質の画像表示装置を実現できる。

【0107】請求項10の発明に係わる画像表示装置は、画像表示素子と、直線偏光を偏光方向によって選択的に反射又は透過する薄膜反射型偏光フィルムと、波長板と、屈折手段の片面を半透鏡コーティングした反射屈

折手段を用いている。そして、波長板が $1/4$ 波長板か、または $1/4$ 波長板と $1/2$ 波長板を特定の角度で貼り合わせた広帯域波長であり、かつ波長板が薄膜反射型偏光フィルムと反射屈折手段の間に配置され、かつ前記 $1/4$ 波長の遅相軸または広帯域波長板の等価遅相軸が薄膜反射型偏光フィルムの偏光透過軸と $-55 \sim -35$ 度または $35 \sim 55$ 度をなして配置されると共に、反射屈折手段と使用者の間に円偏光板を備えている。請求項 10 に係わる画像表示装置は、請求項 7 ないし 9 の発明に係わる画像表示装置において、波長板の種類と位置を限定することによって、波長板を使用しない場合に比べて効率を向上させ、また、広帯域波長板を用いることにより分光透過率を均一化する手段を提供している。その上、請求項 10 に係わる画像表示装置は、外光反射を低減し映像のコントラストを向上させる効果を有している。従って、これらの手段を用いれば高画質の画像表示装置を実現できる。

【0108】請求項 11 に係わる画像表示装置は、画像表示部（素子）として液晶ディスプレイを用いることにより携帯用の画像表示装置としても用いられる従来のこの種の装置に比してより高画質でコンパクトかつ軽量の画像表示装置を提供することができる。

【0109】請求項 12 の頭部搭載型ディスプレイ（HMD）は、メガネ型のケースと、請求項 1 ないし 10 に記載の表示装置からなり、頭部に装着した場合、左右それぞれの目に映像を提示できるようになっている。従って、高画質かつ小型軽量の頭部搭載型ディスプレイを実現できる。請求項 13 の映像通信装置は、電話機と、請求項 1 ないし 12 に記載の表示装置からなり、音声による通信を行いながら、映像を見ることができるようになっている。従って、高画質かつ小型軽量の映像通信装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による画像表示装置の一実施形態を示し、その動作を説明する図である。

【図 2】本発明による画像表示装置の一実施形態を示し、その動作を説明する図である。

【図 3】本発明による画像表示装置の一実施形態を示し、その動作を説明する図である。

【図 4】本発明による画像表示装置の一実施形態を示し、その動作を説明する図である。

【図 5】本発明による画像表示装置の光学系の構成要素に用いる座標軸の定義を説明する図である。

【図 6】本発明による画像表示装置の一実施形態を示し、その動作を説明する図である。

【図 7】本発明による画像表示装置の光学要素である薄膜反射型偏光フィルムの特性を従来例と対比して示す図である。

【図 8】 $1/4$ 波長板のレタデーション特性を示す図である。

【図 9】構成要素として $1/4$ 波長板を使用した場合の本発明で用い得る光学系の分光透過率を示す図である。

【図 10】構成要素として広帯域波長板を使用した場合の本発明で用い得る光学系の分光透過率を示す図である。

【図 11】ポアンカレ球の定義を説明する図である。

【図 12】広帯域波長板の特性による動作をポアンカレ球上で説明する図である。

【図 13】当該画像表示装置の動作光路を示す図である。

【図 14】波長板への斜め入射の説明図である。

【図 15】図 14 に示される波長板における入射角に対するレタデーション特性を示す図である。

【図 16】平凸レンズのベッツパール半径を凹面鏡と対比して説明する図である。

【図 17】両凸レンズのベッツパール半径の実施例を説明する図である。

【図 18】補正レンズ使用時の平凸レンズのベッツパール半径の実施例を説明する図である。

【図 19】本発明による画像表示装置の一実施形態の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 20】本発明による画像表示装置の一実施形態の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 21】図 20 に示す実施形態を具体化した例を示す構成図である。

【図 22】本発明による画像表示装置の一実施形態の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 23】本発明による HMD の一実施形態の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 24】本発明による HMD の一実施形態の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 25】本発明による HMD の一実施形態の構成を示す図である。

【図 26】本発明による映像通信機器の一実施形態を説明する図である。

【図 27】図 24 の画像表示装置における光学系を変更した他の実施形態を示す図である。

【図 28】本発明による画像表示装置の一実施形態における光学系の構成を示し、説明する図である。

【図 29】図 28 の画像表示装置を HMD に採用した一実施形態の構成を示し、説明する図である。

【図 30】従来の HMD の構成を示す図である。

【図 31】従来の映像表示装置の構成を示し、その動作を説明する図である。

【図 32】従来の映像表示装置の構成を示し、その動作を説明する図である。

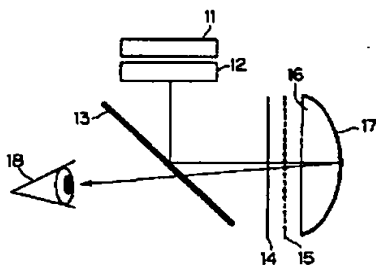
【符号の説明】

11, 21, 31, 41, 61, 191, 201, 221, 232, 241, 281, 292, 302, 321, 252…バックライト、12, 22, 32, 42,

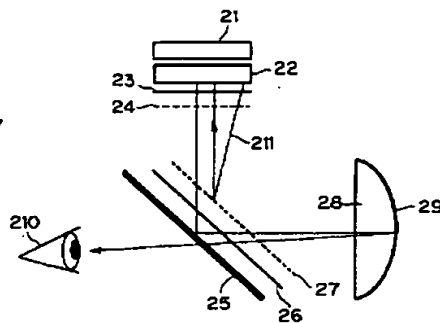
33

62, 192, 202, 222, 233, 253…液晶
ライトバルブ、13, 25, 39, 43, 65, 19
8, 2011, 223, 243…薄膜反射型偏光フィル
ム、14, 23, 26, 33, 38, 44, 49, 6
7, 193, 199, 203, 2010, 224, 22
11…1/2波長板、15, 24, 27, 34, 37,
45, 48, 68, 194, 1910, 204, 20
9, 225, 2210, 285, 295, 314…1/
4波長板、16, 28, 36, 46, 69, 163, 1
71, 181, 226, 227, 236, 244…反射
屈折手段、17, 29, 610, 162, 172, 18
2, 1913…全反射コーティング、18, 210, 3
10, 411, 611, 1914, 2014, 2214

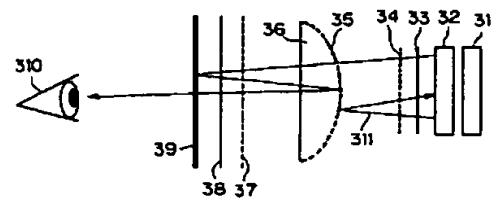
【図1】



【図2】

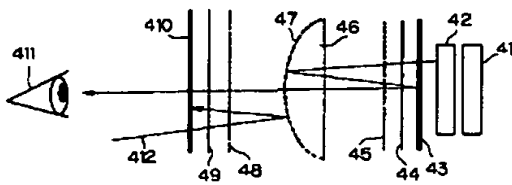


【図3】

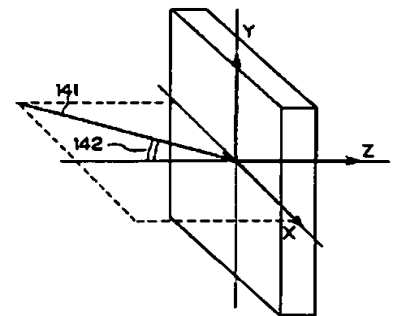
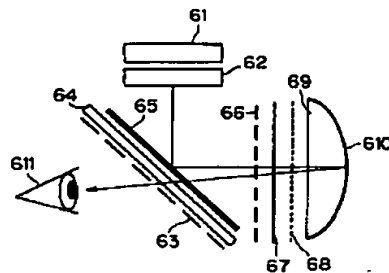


【図14】

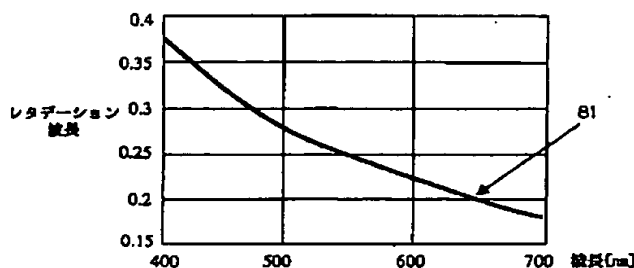
【図4】



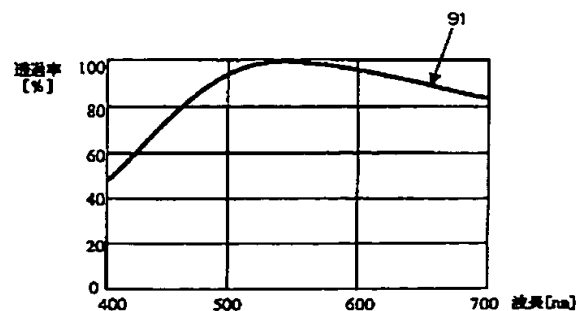
【図6】



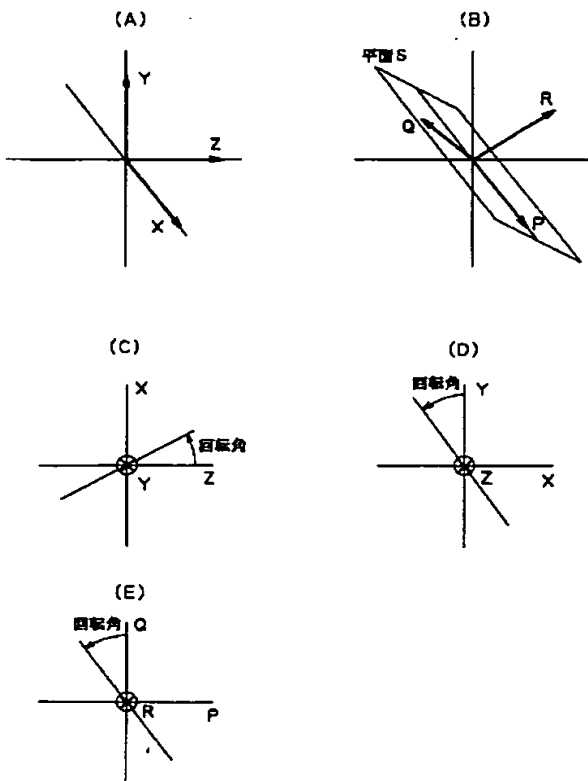
【図8】



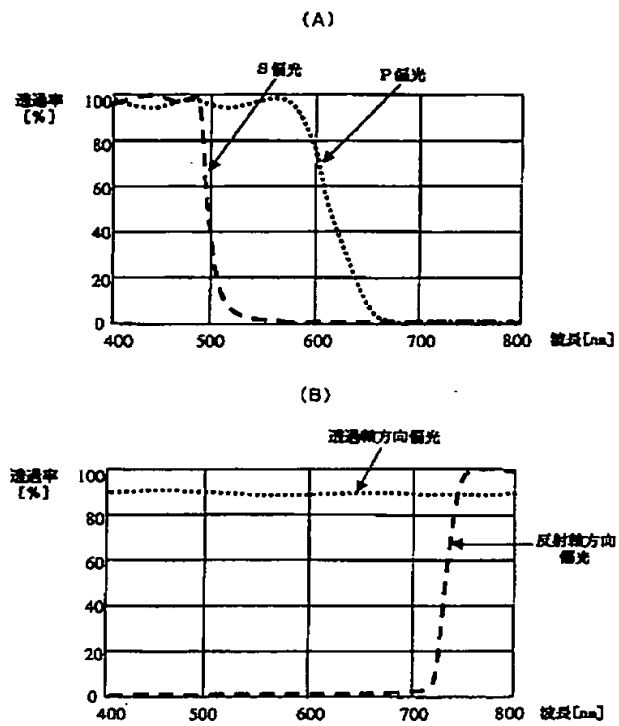
【図9】



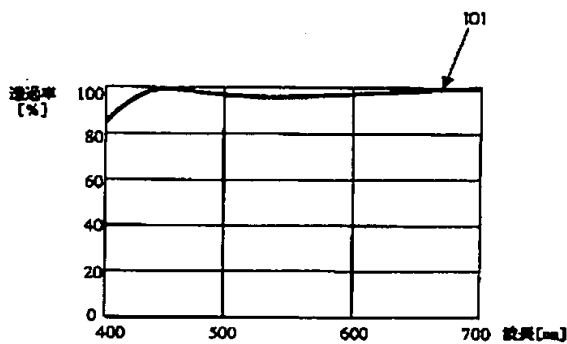
【図5】



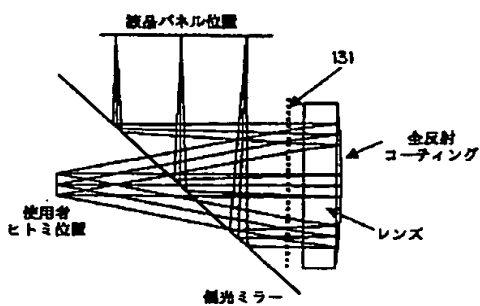
【図7】



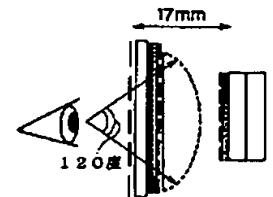
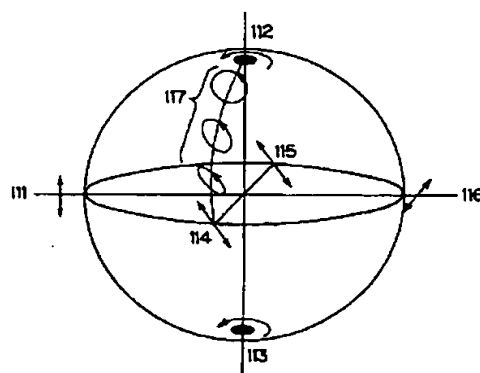
【図21】



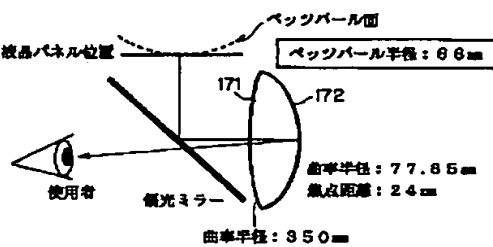
【図13】



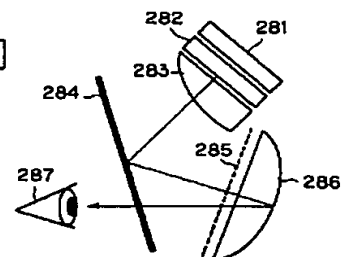
【図11】



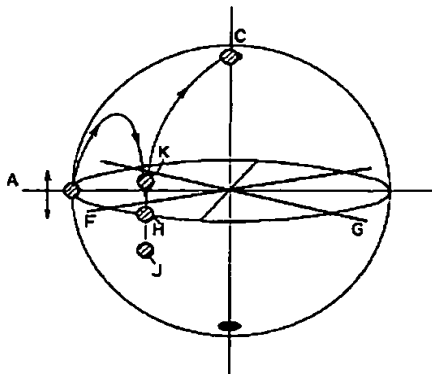
【図17】



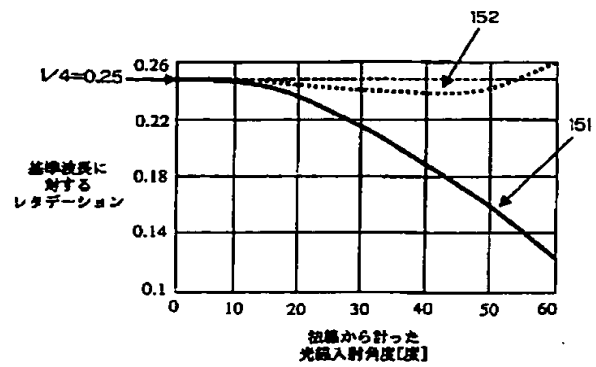
【図28】



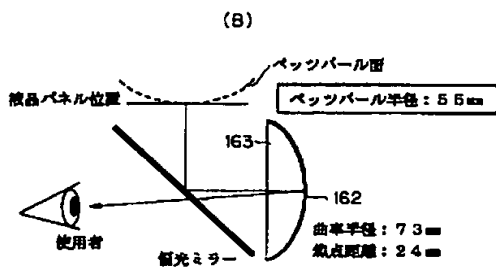
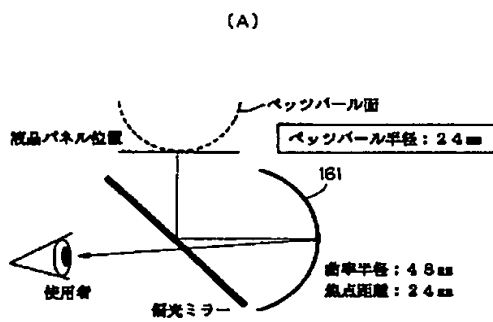
【図 12】



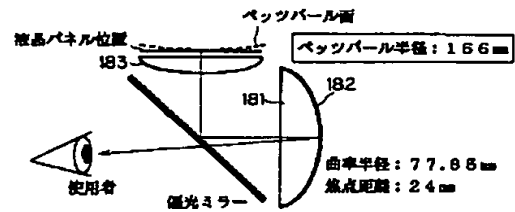
【図 15】



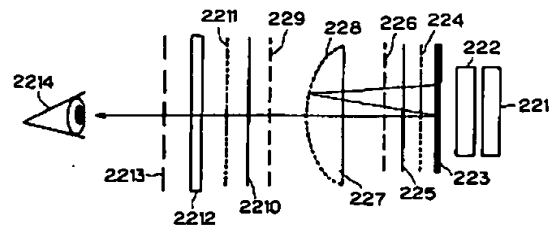
【図 16】



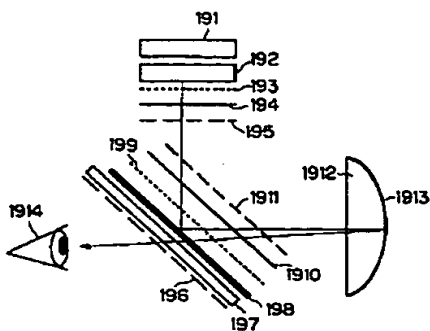
【図 18】



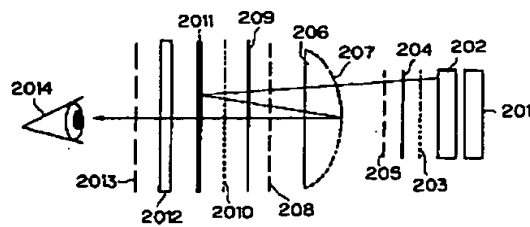
【図 22】



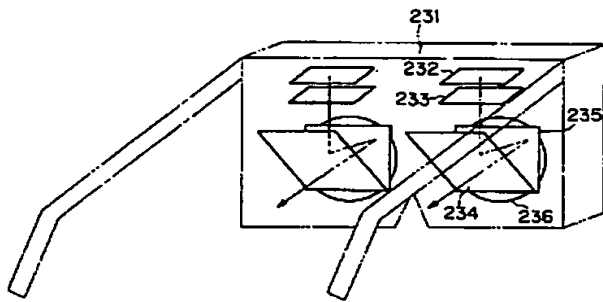
【図 19】



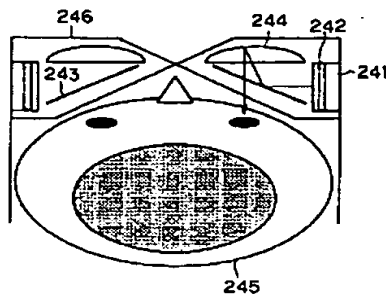
【図 20】



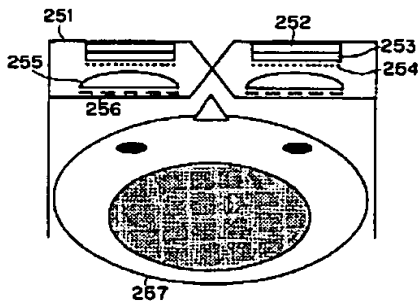
【図 2 3】



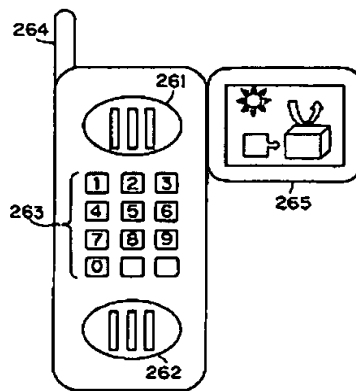
【図 2 4】



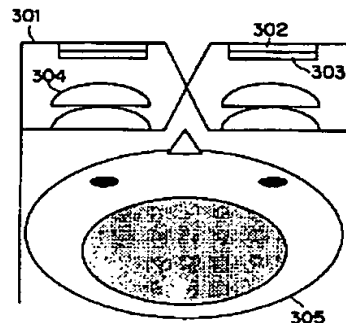
【図 2 5】



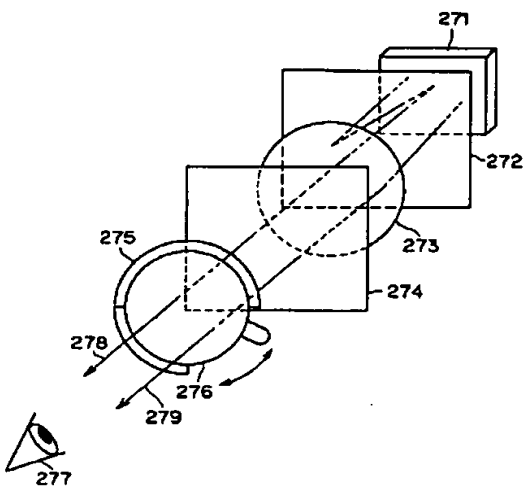
【図 2 6】



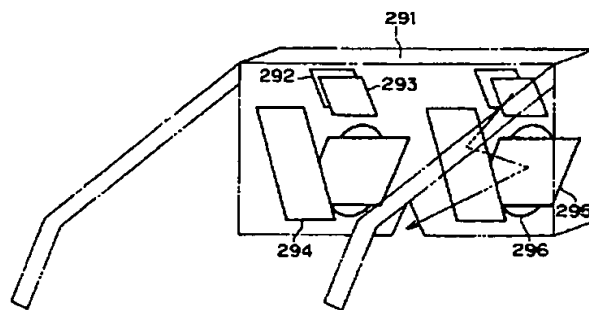
【図 3 0】



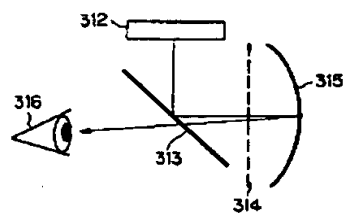
【図 2 7】



【図 2 9】



【図 3 1】



【図 3 2】

